©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

N°. 5. 1907.

Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt.

Sitzung vom 5. März 1907.

Inhalt: Eingesendete Mitteilungen: Dr. L. Waagen: Wie entstehen Meeresbecken und Gebirge? — Dr. A. Till: Zur Ammonitenfauna von Villány (Südungarn). — Vorträge: Dr. F. Kossmat: Ergebnisse einer Studienreise in den Voralpen der Westschweiz und des Chablais. — Literaturnotizen: Michele Gortani.

NB. Die Autoren sind für den Inhalt ihrer Mitteilungen verantwortlich.

Eingesendete Mitteilungen.

Dr. Lukas Waagen. Wie entstehen Meeresbecken und Gebirge?

Die größten und schwierigsten Probleme der Geologie vereinen sich in der Frage nach der Entstehung der Gebirge. Es haben sich damit schon zahlreiche Theorien beschäftigt, welche neuerlich von Uhlig[1]) und Wahnschaffe[2]) übersichtlich zusammengestellt wurden, und erst im abgelaufenen Jahre veröffentlichte Ampferer[3]) seine Untersuchungen „Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen", in welchen gewissermaßen plutonische Theorien mit der Annahme einer „Überströmung" vereint werden.

Wenn man sich bemüht, die Aufwölbung der Gebirge zu verstehen, so glaube ich, muß man vor allen Dingen von der Tatsache ausgehen, daß die Kettengebirge stets alten, lange bestehenden Meeresbecken entstiegen. Es liegt somit ein zweifelloser inniger Zusammenhang zwischen den Erhabenheiten und Vertiefungen der Erdkruste vor. Ich kann mich nicht rühmen, dies Verhältnis zuerst festgestellt zu haben, denn J. Dana, M. Reade[4]) und zum Teil auch Richthofen[5]) bauten darauf ihre Theorie auf, welche als die thermische bekannt ist. Allein die angenommene Temperaturerhöhung der Sedimentmassen unter den Tiefen der Weltmeere läßt sich

[1]) V. Uhlig, Über Gebirgsbildung. Vortrag, gehalten in der feierlichen Sitzung der kais. Akad. d. Wissenschaften am 21. Mai 1904.

[2]) Wahnschaffe, Neue Theorien über Gebirgsbildung. Programm d. Bergakademie, Berlin 1904.

[3]) Jahrbuch d. k. k. geol. R.-A., Wien 1906, Bd. LVI, pag. 539—622.

[4]) The origin of mountain ranges. London 1886.

[5]) In: Neumayer, Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen, 2. Aufl., 1888, Bd. I, pag. 165.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

absolut nicht erweisen, ja im Gegenteil macht die niedrige Temperatur in großen Meerestiefen dies unwahrscheinlich und abgesehen davon, müßten ja die Sedimente während der Auffaltung sofort ihre höhere Temperatur und damit die sie bewegende Kraft verlieren und könnten somit niemals über die Oberfläche des Meeres gelangen. — Temperaturerniedrigung und damit zusammenhängende Zusammenziehung, wie dies von Richthofen und Drygalski angenommen wurde, konnte von vornherein nur beschränkte Geltung erlangen. Ebenso fand Duttons Lehre von der Isostasie nur geringen Anklang. — Die vulkanische Erhebungstheorie dagegen, die von L. v. Buch, A. v. Humboldt und E. de Beaumont in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts begründet war, wurde in letzter Zeit weniger berücksichtigt, bis sie nunmehr durch Ampferer, Becke und andere, wenn auch modifiziert, wieder zur Anwendung gebracht wurde.

Weitaus die größte Verbreitung erlangte die Kontraktions- oder Schrumpfungstheorie, welche sich ganz auf dem Boden der Laplaceschen Nebularhypothese aufbaut und in Dana, Heim und E. Suess ihre bedeutendsten Vertreter besitzt. Diese Theorie wird durch so viele Beobachtungen gestützt, daß, solange die Laplacesche Hypothese als richtig angenommen wird, wohl auch die Kontraktionstheorie nicht verworfen werden soll. Denn mag man nun den Berechnungen Heims[1]) oder Lapparents[2]) oder Devilles[3]) bezüglich des Zusammenschubes der Erdkruste die meiste Wahrscheinlichkeit beimessen, so erscheint es mir doch unbestreitbar daraus hervorzugehen, daß der Erdumfang erheblich kleiner geworden, respektive daß der Erdradius sich verkürzt hat.

Wir haben nun zwei Prämissen, von welchen ich bei meinen Überlegungen ausgegangen bin und die wohl beide als feststehend betrachtet werden können: 1. Die Faltengebirge sind stets aus alten Meeresbecken emporgetaucht und 2. die Faltung beruht auf der Kontraktion der Erdkruste. Man hat die Erscheinungen dieser Kontraktion in letzter Zeit vielleicht allzusehr an die Oberfläche der Erde verlegt, indem man tangentialen Schub als die Faltungsursache hinstellte. Demgegenüber möchte ich es in der Arbeit Ampferers als einen Fortschritt begrüßen, daß dieser „das Vorwiegen der vertikalen Beziehungen und Bewegungen wieder klar gemacht" hat. Auch Ampferer ging von der Kontraktionstheorie aus und es dürfte ein zweifelloses Verdienst seiner eingehenden Untersuchungen sein, daß er die Wesenheit der Faltung in dem Verhältnisse von „Scholle und Ring" erkannte, wenn er auch der horizontalen Bewegung vielleicht noch zu großen Einfluß zuschrieb.

Der dritte Punkt aber, von dem ich ausging, waren die neueren Resultate der Schweremessung, welche nach den Beobachtungen Sternecks[4]) eine Kurve ergaben, die unter den Gebirgen einen Massendefekt, dagegen unter den Niederungen und besonders den

---

[1]) Heim, Mechanismus der Gebirgsbildung II, pag. 214.
[2]) Bull. Soc. Géol. de France 3. serie, vol. XIV, 1886.
[3]) Mechanismus der Gebirgsbildung, II. pag. 240.
[4]) Verhandl. d. IX. Geographentages in Wien 1891.
Helmert, Über die Schwerkraft im Hochgebirge. Berlin 1890.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Meeren einen Massenüberschuß erkennen läßt. Daraus muß man aber sofort den Schluß ziehen, daß, theoretisch genommen, am leichtesten Gebirge und überhaupt hochgelegene Teile der Erdkruste, wie Festländer, niederbrechen können, während Meeresbecken verhältnismäßig stabil bleiben müssen.

Stellen wir uns zur weiteren Besprechung zunächst einmal einen Erdball vor, dem zwar die Gebirge fehlen, auf welchem aber immerhin schon eine Differenzierung in Festlandmassen und Meere vorhanden wäre, wobei die Kontinente nach den Vorstellungen von Johannes Walther[1]) gegen das Meer von Flexuren begrenzt seien. Nehmen wir nun an, daß eine solche Festlandsscholle sich zu senken beginne, so wird dadurch schon an und für sich der zum Meeresgrund absteigende Muldenschenkel zusammengepreßt, und zwar dies um so mehr, als ja die gesunkene Scholle durch ihre zentripetale Bewegung in eine kleinere Kugelschale vorgerückt ist und auch aus diesem Grunde gegen das Meeresbecken eine Pressung ausüben muß, da sie ja nur in dieser Richtung ausweichen kann. Der Druck wirkt also bei einer solchen sinkenden Festlandsmasse nicht tangential, sondern schief nach abwärts und es ist gleichgültig, ob dabei die gegenüberliegende Küste sich ruhig verhält oder ebenfalls im Sinken begriffen ist, da dies die Wirkung bloß in ihrer Intensität ändern würde. Diese Wirkung jedoch wird sich darin äußern, daß der Druck längs des absteigenden Schenkels der Mulde bis zu deren Tiefpunkt hinabgeleitet wird, wo er endlich durch den Druck des Gegenschenkels zum Stillstand gebracht wird. Hier also kann die Kräfteverschiebung erst ein Resultat auslösen, das eben in einer Auffaltung des Untergrundes des Meeres bestehen wird.

Mit fortschreitendem Sinken eines Kontinents wird daher das vorgelagerte Meer einerseits immer stärker zusammengedrückt und daher schmäler, anderseits die daraus hervorwachsenden Falten immer höher, so daß hierdurch schon ein allgemeiner Überblick über die Art, wie Gebirge entstehen könnten, gegeben wäre. Nun wollen wir aber weiter spezialisieren. — Es ist leicht denkbar, daß ein Hochland und, wie die Schweremessungen ergaben, ist dies gerade bei Hochländern auch besonders leicht möglich, in Absenkung begriffen ist, während das andere Ufer von Flachland gebildet wird. Es muß da eine Zeit eintreten, in welcher die Falten über den Meeresspiegel und daher über das Flachland emporragen, während sich das Hochland immer noch als höhere Landmasse darüber bis zu einem gewissen Grade erhebt. Läuft nun der Senkungsprozeß weiter, so wird der Druck wirklich tangential wirken und die Falten müssen gegen das ruhende Flachland vorgedrängt werden, ja es kann sogar zur Auslösung von Schubmassen und Überfaltungen kommen. Daraus wären jedoch zwei Gesetze abzuleiten: 1. Bei einseitig gefalteten Gebirgen ist das Vorland stets die ruhende, das Hinterland die bewegte Scholle; 2. Überschiebungen und Überfaltungen können nur dadurch ausgelöst

[1]) Über den Bau der Flexuren an den Grenzen der Kontinente. Jenaische Zeitschrift f. Naturwissenschaft, XX. Bd., N. F., XIII. Jena 1886.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

werden, daß eine höhergelegene Scholle durch Einsenkung gegen ein niedrigeres Vorland drückt.

Damit braucht jedoch die Bewegung der sinkenden Scholle noch nicht zum Stillstande gekommen zu sein, wenn sie mit dem Vorlande die gleiche Höhe erreicht hat, sondern der Prozeß kann sich auch weiter fortsetzen. Da ist es aber ersichtlich, daß nun eine Umkehrung der früheren Wirkungsweise eintritt: die Scholle, die bisher eine Pressung hervorrief, wird nunmehr eine Zerrung ausüben, indem sie sich, ich möchte sagen, unter das Normalniveau senkt und eventuell auch unter die Oberfläche des Meeres. Kurz, es würde auf diese Weise wieder eine Flexur an den Grenzen der Kontinente entstehen: das eingesunkene Hinterland!

Bevor wir jedoch die hier gewonnenen Sätze auf die an Gebirgen gemachten Beobachtungen übertragen, wollen wir noch einen Augenblick bei der Theorie bleiben. — Aus dem gleichzeitigen Zusammenwirken zweier sich senkender Schollen würden sodann, theoretisch genommen, zweiseitig gefaltete Gebirge entstehen, denn hier müßte es ja eine Zeit geben, in welcher die beiden Schollen wie die Backen eines Schraubstockes wirken, und dies müßte ein Umlegen der Falten nach beiden Rändern zur Folge haben. Ebenso wäre aus dem Zusammenwirken von drei oder auch mehr sinkenden Schollen die Entstehung von Scharung und Virgation in gewissen Fällen leicht abzuleiten.

Endlich muß auch noch auf die Schollenländer und Grabenbrüche Bezug genommen werden. Diese können wohl nicht in einer einzigen Ursache ihre Erklärung finden; es müssen da Spannungsdifferenzen, Zerrungen und Senkungen, in geringem Umfange auch Hebungen herangezogen werden.

Fassen wir zusammen, so haben unsere Überlegungen zu folgenden Sätzen geführt. Faltung ist bedingt durch die Zusammenziehung der Erde. Die Ursache der Faltung ist das Nachsinken der Kontinente, respektive höhergelegener Landmassen; sie beginnt am Grunde der Meere. Wenn die so entstandenen Gebirge bereits über den Meeresspiegel emporragen, können sie durch die bewegte Scholle, das Hinterland, auf die ruhende Scholle, das Vorderland, aufgeschoben werden. Faltung kann, nachdem sie einmal eingetreten, nur so lange fortdauern, als die sinkende Scholle ein höheres Niveau einnimmt wie das ruhende Vorderland. Bei weiterem Sinken kann auch das Hinterland unter den Meeresspiegel gelangen und so hängt das Aufwölben der Gebirge und das Absenken der Meerestiefen innig zusammen und aus diesem Verhältnisse würde sich auch das Wandern vorzeitlicher Meeresprovinzen erklären lassen.

Wenn nun die Theorie an den auf der Erde zu beobachtenden Tatsachen auf ihre Richtigkeit geprüft werden soll, so muß zunächst darauf hingewiesen werden, daß wir wohl in keinem Falle, ich möchte

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

sagen ein Schulbeispiel dieses Vorganges der Gebirgsbildung antreffen werden, da ja immer gleichzeitig auch andere tektonische Ereignisse auf der Erde vor sich gingen, welche den Einzelfall hemmten, förderten oder modifizierten. Mit dem Alter der Gebirge wächst natürlich auch die Schwierigkeit der Erklärung, da dieselben ja seit ihrer Aufrichtung oft die verschiedensten Stadien wieder durchlaufen haben und außerdem auch das Vor- wie das Hinterland gefaltet oder versenkt oder anderweitig umgestaltet wurde.

Das Ur- und Grundgebirge ist überall gefaltet und ist vielleicht ein Rest der ältesten Erdkruste überhaupt. Als Anzeichen dafür sei die auffällig gewundene Streichungsrichtung erwähnt, die zum Beispiel F. E. Suess[1]) in der böhmischen Masse verzeichnete und die darauf hinweist, daß diese Faltung das Produkt allgemeiner Zusammenziehung bei im wesentlichen undifferenzierter Gesteinsbeschaffenheit der Erdkruste ist. Es war dies somit ein von der eigentlichen Gebirgsbildung prinzipiell verschiedener Vorgang, der hier nicht weiter besprochen zu werden braucht.

E. Suess[2]) nimmt für die gesamten Gebirge Europas vier verschiedene Faltungsperioden an. Von diesen können die beiden ältesten, die voralgonkische und die kaledonische, hier unberücksichtigt bleiben, da von den betreffenden Gebirgssystemen sich nur mehr kleine Reste bis auf unsere Tage erhalten haben, welche zu wenig Anhaltspunkte für weitere Schlüsse bieten.

Von größerer Bedeutung ist schon die hercynische Faltung, welche im Oberkarbon erfolgte und von welchen das armorikanische und variscische Gebirge nach E. Suess, oder die paläozoischen Alpen nach Penck, wenigstens noch als Faltenhorste erhalten sind. Auch bei diesen alten Gebirgen wird die Anwendung unserer Theorie nicht leicht. An Tatsachen ist das Folgende festzuhalten: Es sind zwei Gebirgsbogen zu unterscheiden, deren Außenrand in den belgischen Kohlenfeldern schart, von wo sich die Scharung durch das Herz Frankreichs hindurch in das französische Zentralplateau fortsetzt. Es würde somit nach unserer Theorie keinem Zweifel unterliegen, daß die beiden Bogen, wenn auch gleichzeitig entstanden, doch durch die Senkung zweier verschiedener Schollen der Erdkruste verursacht wurden. Natürlich werden diese Schollen, das ist das Hinterland der besprochenen Bogen, im besten Falle nur mehr in Resten erhalten sein. Für das variscische Gebirge, glaube ich, ist ein Überbleibsel des alten Hinterlandes unschwer in der bojischen Masse zu erkennen, zu der vielleicht auch noch Gümbels vindelicisches Gebirge hinzukommt. Die freie Senkung einer Scholle würde aber eine allseitige Gürtung mit Falten voraussetzen, oder setzen wir statt Senkung Neigung, da ja die Scholle auf einer Linie noch fixiert bleiben könnte, so müßten immerhin an drei Seiten Gebirge emporgepreßt werden. Nun ziehen zwar die variscischen Falten vom französischen Zentralplateau bis nach Mähren, aber im Süden klafft immer noch eine große

---

[1]) Bau und Bild Österreichs. I. Bau und Bild der böhmischen Masse. Wien 1903.

[2]) Das Antlitz der Erde. I. Bd. 2. Teil: Die Gebirge der Erde. Wien 1885.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Lücke. Diese Lücke wird heute von einem Teile der Alpen überbrückt aber gerade in diesem Gebirge findet die neuere Forschung immer mehr variscische Relikte, so daß wir annehmen können, daß uns hier der zweite Aufbau Europas den ersten Aufbau nur zu sehr verhüllt, daß aber der Faltenwall um die bojische Scholle einstmals enger geschlossen sein konnte.

Schwieriger gestalten sich die Verhältnisse für den armorikanischen Bogen, denn hier sind Reste einer alten Festlandsmasse nicht mehr nachzuweisen. Zum Teile mag dieselbe unter jüngeren Sedimenten begraben sein, zum größeren Teile aber dürfte sie jedenfalls tief unter den Golf von Biscaya versenkt sein. Für diese angenommene Lage des versunkenen Festlandes scheint nicht nur der Verlauf des armorikanischen Bogens vom südlichen Irland bis zu den belgischen Kohlenfeldern und von der Bretagne bis in das französische Zentralplateau, sondern ganz besonders auch der Rest der Südumrandung zu sprechen, der in der asturischen Mulde zutage tritt.

Ich glaube aber, daß diese wenigen Anzeichen in Hinsicht auf das hohe Alter der besprochenen Gebirge und mit Rücksicht auf die spätere Umgestaltung, welche dieselben noch öfters erlitten, immerhin schon als erfreuliches Anzeichen für die Wahrscheinlichkeit unserer Theorie genommen werden können.

Noch ein in karbonischer Zeit aufgefaltetes Gebirge möchte ich erwähnen, an der Grenze Europas und Asiens, den Ural. Der Aufbau dieser Ketten ist mir nicht hinreichend bekannt, um ein Urteil darüber zu bilden, allein es hat den Anschein, als ob nach unserer Theorie Asien die bewegte Scholle wäre und die Falten an der ruhenden russischen Tafel brandeten. Darauf scheint ja auch die Umbeugung des Urals, am Nordende nach Nordost, am Südende nach Südost hinzudeuten, wie endlich auch das Absinken der östlichen Faltenzüge, was uns die theoretisch erkannte Umkehrung der Wirkung einer sich senkenden Scholle versinnbildlichen würde.

Die Besprechung der skandinavischen Überschiebung wollen wir hier übergehen, da diese Verhältnisse, trotz der eingehenden Untersuchungen Törnebohms [1]), doch noch nicht spruchreif sind. Es sollen da übereinander zwei entgegengesetzte Überschiebungen angetroffen werden, wodurch Fennoskandia einmal als die aktive, dann aber als die passive Scholle angesehen werden müßte, ein Verhältnis, das ja auch denkbar wäre.

Nun wollen wir uns aber den jüngeren, tertiären Gebirgen Europas zuwenden. Auch hier ist die Struktur nicht leicht zu entziffern, da sich zur selben Zeit eine ganze Reihe von Gebirgen auffalteten, also auch mehrere Schollen senkten, von welchen eine die andere beeinflußte, so daß sich das Bild komplizierte. Dazu kommt noch, daß Vorland und Hinterland nicht selten ihren Platz wechselten, bald eine Scholle sich senkte, bald eine andere, und das Endresultat mitunter gerade dem entgegengesetzt erscheint, das man erwartete. Schließlich, und dies gehört vielleicht an erste Stelle, muß hervorgehoben werden, daß die Zusammenfassung der jüngeren Gebirge als

[1]) Compt. rend. IX. Congrès géol. int. Vienne 1903, pag. 526.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

tertiäre Gebirge geeignet ist, ganz unrichtige Vorstellungen zu erwecken. Diese Gebirge sind ja bekanntlich nur gleichaltrig in ihrer letzten Ausbildung; in ihrer ersten Anlage sind zum Beispiel die Alpen zweifellos bedeutend älter, denn es ist kaum bestreitbar, daß zur Oberkreidezeit die wichtigsten Auffaltungen der Alpen bereits vollzogen waren und auch die Kerngebirge der Karpathen bereits emporragten, während im wesentlichen die Schichten der dinarischen Faltenzüge erst zum Absatze gelangten.

Das am wenigsten getrübte Bild, welches unseren theoretischen Spekulationen am nächsten kommt, dürften wir in dem Bogen des westlichen Mittelmeeres erblicken. Von der versunkenen Scholle wären hier nur geringe Reste in Korsika und Sardinien und an einzelnen Punkten der Westküste Italiens vorhanden, der Randbogen aber würde ein gutes Abbild vom Umrisse des verschwundenen Landes geben. Zur Zeit des älteren Pliocäns war nur ein Teil dieses Beckens vom Meere erfüllt, damals war eben noch nicht die ganze Masse hinreichend gesunken, aber auch die Randbogen waren noch nicht zu ihrer heutigen Höhe aufgestaut. So sieht man wieder den innigen Zusammenhang zwischen Gebirgsbildung und Entstehung der Meeresbecken. Das versunkene Land mußte naturgemäß zu Beginn höher liegen als die Schollen der Vorländer, daher wurden die Ketten nach außen umgelegt und durch den Umriß des Hinterlandes würde die Umbeugung der Gebirgsketten von Italien nach Sizilien und die noch stärkere Kurve bei Gibraltar, deren Erklärung früher so große Schwierigkeiten gemacht hat, bestimmt erscheinen. Das Hinterland kam aber nicht zur Ruhe, als es mit dem Vorlande in gleichem Niveau stand, sondern bewegte sich weiter nach abwärts. Dadurch trat es unter das Meeresniveau und bildete so eine randliche Flexur, welche nach Walther leicht Veranlassung zur Entstehung von Eruptivherden geben soll. Wie wir wissen, fehlen auch diese ganz jungen Vulkane an der Innenseite der Randbogen nicht. Auch das lange Offenbleiben solcher vulkanischer Spalten, das bisher als der schwächste Punkt der Kontraktionstheorie erschien, wird nun durch die Subponierung der Waltherschen Theorie ganz begreiflich.

Im Anschlusse an den Bogen des westlichen Mittelmeeres seien hier die Pyrenäen erwähnt. Dieselben haben wegen ihrer Isoliertheit schon lange Befremden erregt und aus dem gleichen Grunde ist auch die Darstellung ihrer Orogenese erschwert, da Anknüpfungspunkte fehlen. Es ist ein symmetrisches, O-W streichendes Gebirge, das vor Ablagerung des Miocäns aufgefaltet wurde, und das durch Absenkung der spanischen Meseta einerseits und des südwestlichen Frankreich anderseits emporgepreßt sein dürfte. Zur Pliocänzeit, als der Haupteinbruch des westlichen Mittelmeeres stattfand, scheint der Aufbau der Pyrenäen beendigt gewesen zu sein. Diese Senkung blieb aber trotzdem nicht ohne Einfluß auf das Gebirge, wie die von J. Roussel[1]) nachgewiesene, N-S verlaufende junge Querfaltung beweist. So können ältere tektonische Produkte durch spätere Ereignisse modifiziert werden.

---

[1]) Bull. Service Carte géol. de la France, Nr. 36, T. V., 1894.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

In weit höherem Maße als bei den Pyrenäen ist dies bei den Alpen der Fall, welchen wir nun unser Augenmerk zuwenden wollen.

Es muß hier zunächst hervorgehoben werden, daß die Alpen nur orographisch ein einheitliches Gebirge bilden, daß aber West- und Ostalpen ihrer Entstehung nach wahrscheinlich zwei ganz verschiedene Elemente vorstellen, die erst durch die jungtertiäre, letzte Auffaltung aneinandergeschweißt wurden. Abgesehen davon wissen wir aber, daß die Alpen zumindest dreimal einem Zusammenschube ausgesetzt waren, wobei jedoch, wie es scheint, Lage und Umriß des „Hinterlandes" eine Verschiebung erfuhren. All diese Momente müssen im Auge behalten werden, wenn wir die Entstehungsgeschichte der Ostalpen entziffern wollen. Eine eingehendere Besprechung der Westalpen wollen wir aber unterlassen, da deren Tektonik gerade jetzt einigermaßen kontrovers ist.

Die ältesten Faltungsspuren in den Ostalpen werden allgemein in das mittlere Karbon verlegt[1]). Diese Bewegung hatte die Zentralzone der Alpen sowie den altpaläozoischen Sockel des Drauzuges ergriffen und gegen Norden geschoben, wodurch der Außenrand sichtlich von dem Umrisse der böhmischen Masse beeinflußt wurde. Es dürfte daher im Süden eine niedersinkende, faltende Scholle anzunehmen sein, von der heute nur mehr ganz geringe Spuren aufzufinden sind. Als solche Reste möchte ich die krystallinen Massen des Mte. Muffeto und der Cima d'Asta sowie die kleinen Inseln von Recoaro, Lorenzago, Hochenegg und am Südfuße der Steiner Alpen ansehen, welche gegen Osten durch die kleinen Granit- und Phyllitgebirgsmassen bei Brod an der Save, das Prosaragebirge, die Motajica und das Gebirge von Gradac mit der serbischen Masse in Verbindung zu setzen sein dürften. Verbindet man aber den Außenrand dieser südalpinen krystallinischen Inseln, so erhält man einen gegen Norden konvexen Bogen, dessen getreues Abbild in den Zentralalpen vom Tauerbogen gegeben würde. Das östliche Ende der karbonischen Alpen dürfte jedoch kaum am heutigen Rande der ungarischen Tiefebene zu suchen sein, sondern schon damals dürfte die Zentralzone der Alpen eine, wahrscheinlich weniger unterbrochene, Fortsetzung in der Zentralzone der Karpathen gefunden haben, deren karbonische Aufrichtung durch Uhlig unzweifelhaft gemacht wurde.

Im Oberkarbon sowie im Perm scheinen die auffaltenden Kräfte geruht zu haben, dagegen dürfte schon im Perm die westliche Fortsetzung jenes Zuges, den wir als Drauzug zu bezeichnen gewöhnt sind, niedergebrochen sein. Es sind zwei Anzeichen, welche ich als Beweise dafür ansehen möchte, nämlich das Empordringen der permischen Bozener Porphyrmasse; anderseits halte ich es für wohl sehr wahrscheinlich, daß der paläozoische Anteil des Adamellostockes und der Bergamasker Alpen einstmals mit dem Drauzuge in Zusammenhang stand, und daß erst durch den vermuteten Einbruch die Lücke gerissen wurde.

[1]) Vergl. C. Diener, Bau und Bild Österreichs. II. Bau und Bild der Ostalpen und des Karstgebietes. Wien 1903.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Mit dieser starken Senkung bei Bozen hängt es wohl zusammen, daß in den östlich anschließenden Regionen auch in der Triaszeit keine Faltungen vorkamen, sondern daß in den südlichen Vorlagen der Karnischen Alpen Oberkarbon, Perm und Trias auf dem nordgefalteten Altpaläozoikum flach auflagern [1]). Weiter östlich aber, in den Karawanken, sind bis zur mittleren Trias die Ablagerungen gefaltet und erst die obere Trias bleibt ungestört. Dies läßt darauf schließen, daß jenes Ereignis, das bei Bozen katastrophal verlief, in der östlichen Fortsetzung nur langsam nachgeholt wurde, das heißt die Absenkung des südlichen alten Festlandes scheint hier bis in die mittlere Trias hinein eine Faltung des vorliegenden Meeresbeckens bewirkt zu haben. Diese Absenkung des Hinterlandes ging sogar so weit, daß die besprochene Umkehrung des Prozesses eingeleitet wurde, daß heißt der faltende Druck verwandelte sich in eine Zerrung, wofür der Beweis durch das Auftreten von triadischen Quarzporphyren in den Karawanken [2]) längs geradlinig verlaufenden Sprüngen etc. erbracht erscheint. Der Erfolg dieser Senkung scheint sich darin zu dokumentieren, daß die Sedimente der folgenden Perioden, vielleicht schon des Jura, bestimmt aber der Kreide, nicht mehr so weit nach Norden reichen, sondern weiter im Süden ein kleineres Becken erfüllten.

Um nun die weiteren gebirgsbildenden Vorgänge zu verstehen, muß der Umstand besonders hervorgehoben werden, daß von der unteren Trias angefangen der paläozoische Drauzug allen Anzeichen nach wohl den ragendsten Teil der damaligen Alpen bildete. Dies scheint mir daraus hervorzugehen, daß dieser Gebirgszug das nördliche von dem südlichen Triasmeere schied, während das erstere, wenigstens teilweise, auch die Zentralalpen überdeckte und so die Verbindung mit den Ablagerungen der nördlichen Kalkalpen herstellte.

Während der Jurazeit scheint Ruhe geherrscht zu haben, dagegen kennt man die untere Kreide als eine Periode neuerlicher Faltung. Diese konnte natürlich nicht mehr von der tief unter das Meeresniveau versunkenen südlichen alten Masse ausgehen und diesmal dürfte, so erstaunlich es auch sein mag, der Drauzug im weiteren Sinne die Rolle des faltenden Hinterlandes übernommen haben. Wenn man den Erfolg der frühcretacischen Gebirgsbewegung übersieht, so kann, nach unseren Annahmen, darüber gar kein Zweifel sein, daß nur eine Scholle in der Lage des Drauzuges durch ihr Absinken die im Norden wie im Süden erfolgten Bewegungen hervorzurufen imstande war.

---

[1]) Vergl. G. Geyer, Ein Beitrag zur Stratigraphie und Tektonik der Gailtaler Alpen in Kärnten. Jahrb. d. k. k. geol. R.-A., Bd. XLVII. Wien 1897. pag. 295 ff.

G. Geyer, Erläuterungen zur geologischen Karte SW-Gruppe Nr. 71, Sillian und St. Stefano del Comelico. Wien 1901.

G. Geyer, Erläuterungen zur geologischen Karte SW-Gruppe Nr. 70, Oberdrauburg und Mauthen. Wien 1902.

[2]) F. Teller, Erläuterungen zur geologischen Karte SW-Gruppe Nr. 83, Eisenkappel und Kanker. Wien 1898.

F. Teller, Erläuterungen zur geologischen Karte SW-Gruppe Nr. 84, Praßberg a. d. Sann. Wien 1898.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Durch die vorgestellte Senkung preßte sich aber der Drauzug wie ein Keil zwischen die Zentralmasse der Alpen und die südlich vorgelagerten Triasschollen. Dadurch mußte einerseits ein faltender Druck gegen die Zentralalpen ausgeübt werden, anderseits aber auch gegen die südliche Trias und diese wurde entweder in nach Süden, respektive Südwesten schauende Falten gelegt oder, wo die Schubkraft nicht schnell genug sich in Faltung aufzehrte, stellten sich Überschiebungen ein, wie dies im westlichen Randgebiet des Laibacher Moores von Kossmat[1]) nachgewiesen erscheint, und zwar konnten diese theoretisch um so leichter erzeugt werden, als die ursprüngliche Überhöhung der Triasablagerungen von dem altpaläozoischen Gebirge, damit aber auch der Druck, sehr groß anzunehmen sein dürften. Hierzu ist noch folgendes zu bemerken: Die hier als absinkend betrachtete Scholle ist der Drauzug, jedoch in einem weiteren Sinne, als dieser Ausdruck gemeinhin gebraucht wird, da ich damit das ganze altpaläozoische Gebirge der Südalpen begreifen möchte. In diesem Sinne würden auch die Steiner Alpen[2]) hierhergehören, deren Triasdecke auf einem silur-devonischen Sockel aufruht, wie sich am Nordrande zeigt. Hierher würden aber auch zumindest ein Teil der Julischen Alpen gehören, da altpaläozoische Schichten von Kossmat[3]) noch westlich von Pölland, wo die besprochenen Überschiebungen einsetzen, angetroffen wurden. Möglicherweise mögen sogar noch Teile des Tüfferer, Wacher und Orlicazuges hierhergehören, nachdem ja in den kroatisch-slawonischen Inselgebirgen, dem Agramer und Kalniker Gebirge, krystallinische Reste angetroffen werden. Sei dem nun, wie es will, auf jeden Fall wäre der keilförmige Umriß des abgesunkenen altpaläozoischen „Drau-Savegebirges", wie wir es nennen wollen, evident. Aus dem Gesagten ist aber ebenso ersichtlich, daß die Überschiebungslinie dieser Massen quer auf deren Streichen gerichtet war. Dies mußte natürlich verschiedene Spannungen und Interferenzerscheinungen zeitigen und diese könnten ganz leicht das Aufreißen der Tonalitzone verursacht haben. Das Alter des Tonalits konnte bisher nicht festgestellt werden, man wußte nur, daß er posttriadisch sei. Mit der tertiären Faltung scheint er jedoch nicht gut in Beziehung gebracht werden zu können, da einerseits andere Eruptivgesteine für diese jüngste Faltungsperiode charakteristisch sind, ferner da das dabei gebildete Bruchnetz ausgesprochen dinarisches Streichen verrät und endlich, da der Tonalit zum Teile in Gneis verwandelt erscheint und dies nur unter dem Einflusse nochmaliger tektonischer Bewegungen oder späteren magmatischen Druckes geschehen konnte. Außerdem muß darauf hingewiesen werden, daß während der untercretacischen Aufwölbungsperiode wirklich von Westnordwest nach Ostsüdost, also parallel zum Tonalitzuge verlaufende Spalten

[1]) F. Kossmat, Überschiebungen im Randgebiete des Laibacher Moores. Compt. rend. IX. Congrès géol. internat. Vienne 1903, pag. 507—520.

F. Kossmat, Das Gebiet zwischen dem Karst und dem Zuge der Julischen Alpen. Jahrb. d. k. k. geol. R-A., Bd. LVI, Wien 1906, pag. 259-276.

[2]) F. Teller, l. c.

[3]) F. Kossmat, l. c.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

aufgerissen wurden, aus welchen nach den Beobachtungen Tellers[1]) in den Karawanken Quarzglimmerporphyrit und Hornblendeporphyrit empordrangen.

In den Nordalpen gingen zur unteren Kreidezeit ebenfalls faltende Bewegungen vor sich und diese müßten nun auch auf das Absinken des Drau-Savegebirges zurückgeführt werden. Es will aber nicht recht einleuchten, daß die Senkung dieses, wenn auch noch so hohen, doch wenig umfangreichen Gebirges ihre faltende Kraft nicht schon in den zentralen Massen der Alpen erschöpft hätte. Verlegen wir dagegen die Bildung des Tonalitzuges in die gleiche Zeit, so würde sich die Faltung der nördlichen Kalkalpen viel leichter erklären lassen. Denn durch das Aufreißen einer solchen Spalte dürften die Zentralalpen eine Neigung gegen Nord erfahren haben, die wohl genügte, um Faltenbildung zu erzeugen, und damit wären die Zentralalpen dieser Epoche das Hinterland für die gefalteten nördlichen Kalkalpen. Damit wollen wir aber auch unsere Ausführungen über die Faltungsperiode der älteren Kreidezeit schließen.

Wir wissen, das Becken der Adria, einmal im Einsinken begriffen, vertiefte sich immer mehr; es bildeten sich die periadriatischen Brüche. Das Versinken der einzelnen Landstaffeln allein konnte noch nicht gebirgebildend wirken, sondern erst in dem Momente, wo eine weiter landeinwärts und höher gelegene Scholle durch die fortwährenden Einbrüche den Halt verloren hatte, während gleichzeitig die vorgelagerte niedrigere Stufe zum Stillstande gekommen war, wären die nötigen Faktoren als gegeben zu betrachten. Da wirkte natürlich die höhere Scholle als Hinterland und die niedrigere mußte entweder dem Drucke folgend sich in Falten legen oder sie wurde überschoben. Dieser Fall trat am Südrande des Drau-Savegebirges im Oligocän ein und setzte sich bis ins Miocän fort.

Um diese Zeit, etwa im Oligocän, hatte sich die Bruchlinie von Idria[2]), es ist dies der nördlichste dinarisch streichende Bruch, gebildet, und dadurch dürfte die dahinterliegende Masse befähigt worden sein, einen faltenden Druck in der Richtung gegen die Adria auszuüben, und in der gleichen Weise setzte sich dieser Vorgang gegen SO fort. Es hätte sich somit das als Hinterland wirkende Gebirgsstück wieder gegenüber der Kreideauffaltung verbreitert, insofern, als nun auch der Triasgürtel hinzukam. Aber auch der pressende Rand erschiene neuerlich schiefer gestellt und dies mußte wieder Interferenzbrüche erzeugen, die sich dem Bruch von Idria parallel stellten und zum Teile bis tief in die Zentralalpen sich verfolgen lassen, wie die Bruchlinie, welche von Laibach[3]) über Krainburg bis in das Mölltal verläuft, und jene andere, die bei Windischgratz das Bachergebirge begrenzt, aber ebenso im Lavanttale an-

---

[1]) F. Teller, l. c.

[2]) F. Kossmat, Über die geologischen Verhältnisse des Bergbaugebietes von Idria. Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. 1899, pag. 259—286.

F. Kossmat, Erläuterungen zur geologischen Karte SW-Gruppe Nr. 98, Haidenschaft und Adelsberg. Wien 1905.

[3]) F. Kossmat, Über die tektonische Stellung der Laibacher Ebene. Verhandl. d. k. k. geol. R.-A. 1905, pag. 71—85.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

getroffen wird[1]). Der Parallelismus mit den Vorgängen während der Kreidezeit geht so weit, daß auch Eruptivgesteine auftreten, wie die Andesite und Dacite längs der Schönsteiner Linie Tellers. Aber nicht nur die Bruchlinien durchsetzten das ganze Drau-Savegebirge, sondern die nach Norden sich mehr und mehr ausbreitende Südneigung des Komplexes scheint auch noch in dessen Inneren Absenkungen und Überschiebungen verursacht zu haben, wie die Absenkung der Menina und die miocäne Überschiebung bei Stein (Ulbrichsberg).

Die jungtertiäre Faltung war jedoch nicht auf die Südalpen und die dinarischen Gebirge beschränkt, sondern hatte die ganzen Alpen ergriffen. Man könnte da auf Grund des besprochenen miocänen Bruchnetzes an eine neuerliche Nordneigung der Zentralalpen und ein von dem größeren Neigungswinkel veranlaßtes Abgleiten der nördlichen Zonen denken. Allein dem scheinen verschiedene Momente entgegenzustehen. Vor allem verlaufen ja die genannten Bruchlinien quer auf die Bewegungsrichtung, welche für die Zentralalpen vorausgesetzt werden müßte, und konnten diese daher nicht fördern, anderseits zeigen aber auch die Nordalpen eine Faltung, welche nicht gut als Folge von Gleitung angesehen werden kann. Es scheint dagegen eine jedenfalls diskutable Annahme, daß in der jungtertiären Faltungsperiode das Drau-Savegebirge, nunmehr mit den Zentralalpen durch die Tonalitmassen gleichsam verkittet, mit diesen zusammen wie ein Stück sich senkte, und zwar glaube ich, daß folgende Tatsachen als Beweis dafür vorgebracht werden könnten. Zur Miocänzeit wurden nämlich die ganzen Südalpen gefaltet und hierzu würde die Senkung des Drau-Savegebirges nicht ausreichen. Besonders deutlich wird dies im Etschbuchtgebirge[2]), wo es sehr wahrscheinlich erscheint, daß die Falten zwischen der Judikarienlinie und dem Bozener Porphyrstocke durch Senkung des westlich gelegenen Zentralalpenteiles, also des Adamellomassivs, erzeugt wurden. Aber auch der Bozener Porphyr mit der Cima d'Asta-Gruppe mußte wohl die allgemeine Absenkung mitmachen und dieser Vorgang dürfte die eigentümlichen Faltenbiegungen, die wir in der Bondone- und Bastornadafalte kennen, erzeugt haben. Auch glaube ich einen Beweis für die miocäne Senkung der Zentralalpen in dem Eindringen der dinarischen Bruchlinien zu erblicken, da nur durch Pressung eines im ganzen ostwestlich verlaufenden Faltenstückes an ein bogenförmig begrenztes Senkungsfeld diese Erscheinung erklärlich wäre, und endlich sei noch auf die jungen marinen Ingressionen in das Lavanttal verwiesen, welchen wohl unbedingt eine Senkung vorangehen mußte.

Eine solche Senkung der Zentralalpen mußte aber eine Auffaltung der Nordalpen bewirken, und ich brauche über diesen Vorgang nicht viel Worte zu verlieren. Auf eines nur sei aufmerksam gemacht. An der Grenze der Zentralpen beginnen die Kalkzüge allenthalben mit Plateaustöcken, während besonders östlich vom Pyhrn, sich erst

---

[1]) F. Teller, l. c.

[2]) M. Vacek, Exkursion durch die Etschbucht. Führer für d. IX. internat. Geologenkongreß, Abteilung VII. Wien 1903.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

weiter nördlich Faltung einstellt. Es dürfte sich dies damit erklären, daß die Triasschollen zur Miocänzeit wohl schon ebenso starr waren wie heute und sich daher bei der Senkung der Zentralalpen nicht sofort mitbewegten, sondern einfach abhoben, und erst entfernter, wo die pressende Kraft eigentlich naturgemäß ihren Angriffspunkt fand, scheint die Faltung eingesetzt zu haben, und dort finden wir auch die große Aufbruchzone Buchberg—Mariazell—Hieflau—Admont, die jedoch schon durch die Kreidefaltung vorgebildet wurde [1]). Durch den Abstau der Plateaustöcke aber fanden die Längentäler ihre erste Anlage.

Weiters würde durch die Senkung der Zentralalpen noch eine andere Erscheinung, die vielfach beobachtet wurde, ihre Erklärung finden, nämlich die, daß die jungtertiäre Bewegung in den zentralen Teilen der Alpen früher begann, aber auch früher endete als in den peripheren Teilen. Denn es wäre leicht einzusehen, daß eine Pressung sich nicht sofort in Faltung umsetzte, sondern daß eventuell lange Zeit ein solcher Druck latent sein konnte, und daß überdies die der Kraftquelle näheren Gebirgsteile früher überwältigt wurden als die entfernteren.

Wir haben uns hier über das vermutliche Entstehen der Ostalpen etwas mehr verbreitet, da einerseits dieses Gebirge in seiner Struktur mit am bekanntesten ist und anderseits, weil dessen Entstehungsgeschichte den bisherigen orogenetischen Theorien die größten, um nicht zu sagen unüberwindliche Schwierigkeiten bereitete. Die Ostalpen erscheinen daher für jede orogenetische Theorie als der beste Prüfstein und ich glaube, daß unsere Theorie der Entstehung der Ostalpen vielleicht doch nahegekommen ist. Natürlich mögen immer noch Details gefunden werden, die unserer Anschauung zu widersprechen scheinen, in großen Zügen aber möchte ich die gewonnenen Resultate als eine Bestätigung unserer Annahmen betrachten. — So wesentliche Modifikationen auch eintreten mögen, so ist es nach unserer Darstellung immer ein höher emporragender Teil der Erdkruste, der durch sein Niedersinken das angelagerte tiefere Land zur Faltenbildung zwingt.

Wiederholen wir: In den Alpen unterscheidet man drei Hauptfaltungsepochen: im Carbon, in der unteren Kreide und im jüngeren Tertiär. Im Karbon dürfte sich das alte südliche, nun eingebrochene Festland gesenkt haben, das wir als Po-Masse bezeichnen wollen; in der unteren Kreide scheinen die faltenden Kräfte durch das Niedersinken des Drau-Savegebirges ausgelöst worden zu sein, während die Zentralalpen längs der Tonalitlinie sich losgerissen hatten, nach Norden neigten und so den Raum der nördlichen Kalkalpen zusammenstauten. Im jüngeren Tertiär endlich müssen wir wohl die ganzen Zentralalpen mitsamt dem Drau-Savegebirge als die sinkende Masse ansehen und im Norden wie im Süden werden dementsprechend Falten gebildet.

Wenden wir uns noch einen Augenblick den Westalpen zu, so sehen wir auch hier das Hinterland eingebrochen und die Bogen nach außen konvex. Auch in diesem Falle mag die erste Aufwölbung von

---

[1]) A. Bittner, Verhandl. d. k. k. geol. R.-A. 1887, pag. 89—99.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

dem verschwundenen Pomassiv ausgegangen sein. Auf die weitere Geschichte der Entstehung der Westalpen wollen wir uns aber nicht einlassen, da deren Tektonik gerade heute sehr umstritten ist. Nur auf das Juragebirge will ich mit zwei Worten zu sprechen kommen. Es unterliegt nach unserer Theorie wohl keinem Zweifel, daß im Süden des Juragebirges das Kraftzentrum zu suchen ist, welches die Faltung bewirkte, und so kämen wir wieder auf Gümbels Vindelicisches Gebirge. Bei dem Versinken dieser Scholle hätte natürlich auch auf das südlich anschließende Gebiet eine Wirkung ausgeübt werden müssen und ich glaube, unter diesem Gesichtspunkte dürften sich manche rätselhafte Erscheinungen in den Schweizer Voralpen erklären lassen. Denn nach unserer Theorie ist Gümbels Vindelicisches Gebirge nicht mehr eine Hypothese, sondern einfach eine Forderung des Aufbaues der Juraketten.

Werfen wir endlich noch einen Blick auf das Vorland, so sehen wir, daß der jüngsten Faltungsperiode in den Alpen dort eine Periode des Niederbruches entspricht, die wohl auch durch das Andrängen der alpinen Falten bedingt ist. Es entsteht so der Donaubruch und, einmal begonnen, setzen sich die Spalten in dem Vorlande fort wie in einer Glastafel. Längs dieser Brüche entstehen auch wieder Absenkungen, diese bieten jedoch ein ganz anderes Bild. Es entstehen dadurch keine Falten, sondern einzelne Schollen werden als Blöcke emporgepreßt. Es ist dies begreiflich, wenn man bedenkt, daß die Sprünge in dem Vorlande wohl durch Abbiegen des Randes verursacht sind, und Biegungssprünge in einer Tafel konvergieren stets nach unten; dadurch aber müssen die Horste wie Keile unter übermäßigem Drucke herausgepreßt werden.

Vor nicht langer Zeit wurden die Karpathen im Lichte der Westalpen dargestellt und nun will ich es versuchen, deren Aufbau im neuen Lichte der Ostalpen zu skizzieren. — Uhlig[1]), der Meister der Karpathengeologie, hat uns einen vortrefflichen Überblick über die einzelnen Faltungsphasen gegeben. Daraus entnehmen wir, daß in einer ersten Faltungsperiode die gesamten karbonischen und vorkarbonischen Felsarten von Süden her aufgestaut wurden, und als Ursache wäre sehr leicht das Absinken des alten ungarischen Massivs, von dem im Bakonyer-Gebirge und in der Masse von Fünfkirchen noch Spuren vorhanden sind, zu vermuten.

Nördlich dieser paläozoischen Karpathen, zwischen diesen und dem Rande der Sudeten wogte während der Trias-, Jura- und Kreidezeit das Meer, bis die „zweite und dritte Faltungsphase" Uhligs eintrat. Aus dem Verhalten der Oberkreide und des Mitteleocäns leitete Uhlig ab, daß die beiden Faltungen vor und nach Absatz der Oberkreide sich einstellten. In diese Periode fallen die eigentümlichen Auffaltungen der Kerngebirgsreihen. Es muß hier wohl zur Erklärung ein komplizierter Faltungsvorgang angenommen werden. So scheint sich zum Beispiel der krystalline Kern der Hohen Tatra in der Unter-

---

[1]) V. Uhlig, Bau und Bild Österreichs. III. Bau und Bild der Karpathen. Wien 1903.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

kreidezeit gesenkt zu haben, wie die gegen Norden gefalteten jurassischen Sättel der Hohen Tatra verraten.

Die paläozoische und die altcretacische Faltung dürfte demnach von Süden ausgegangen und durch den Einbruch des Hinterlandes, respektive einzelner alter Kerne verursacht worden sein. Es ist ganz gut denkbar, daß auch im Norden anderer Kerngebirge durch die zweite Faltung einzelne leichte Antiklinalen aufgeworfen wurden, die jedoch durch die Bewegungen der dritten Faltung für die Beobachtung wieder unkenntlich gemacht wurden. Diese dritte Faltung aber, die nach Ablagerung der Oberkreide einsetzte, ging, wie Uhlig nachgewiesen hat, zweifellos nicht mehr von Süden aus. Die diesmal aufgerichteten Schichten blicken stets nach Süden, so müssen wir nach unserer Theorie die Kraftquelle im Norden suchen. Da erscheint es mir sehr wahrscheinlich, daß wir in diese Zeit das Absinken der sudetischen Scholle zu verlegen haben, deren Rand jedenfalls emporragte, nachdem das Kreidemeer der nördlichen Fazies durch ihn von dem Kreidemeer der Karpathen geschieden wurde. Durch diese Annahme lassen sich die beobachteten Tatsachen, wie mir scheint, mit einem Schlage leicht erklären. Der Kreideklippenzug von Teschen, die Pieninnen, die äußere und innere Kerngebirgsreihe sind alle unter diesem Einflusse aufgebaut worden. Dabei mag es befremden, daß die stärkste Auffaltung dieser Periode in den Kerngebirgsreihen gefunden wird, während von hier nach Norden und Süden, im inneren Gürtel und in den Klippenzonen scheinbar ein Nachlassen der Faltungsintensität sich kundgibt. Ich habe ausdrücklich gesagt: scheinbar, da ich annehme, daß dieser Bestand nur unter dem Einflusse der nächsten Faltungsphase erzielt wurde.

Die Entstehungsgeschichte der Kerngebirgsreihen rekonstruiere ich mir aber folgendermaßen. Die zweite Faltung ging, wie gesagt, von Süden aus, ist nach Uhligs Darstellung nur eine lokale Erscheinung und wurde durch ein mäßiges Absinken der alten Kerne verursacht. Es entstanden dadurch im extremsten Falle, an der Hohen Tatra, ein paar nach Norden geneigte Falten, sonst mögen es bloß einige leichte, regelmäßige Antiklinalen gewesen sein. Die dritte Faltung, welche der Senkung der Sudeten ihren Ursprung verdanken dürfte, fand die skizzierte Sachlage vor, nur daß sich inzwischen die Sedimente der oberen Kreide abgelagert hatten. Das Kreidemeer scheint jedoch weder die Kerne der Gebirge noch die sie im Norden umgürtenden Falten der zweiten Periode überflutet zu haben. Der Erfolg der dritten Faltung war daher dieser: die Gebirgskerne erhielten eine Neigung nach Süden; die nördlich vorgelagerten Falten aber wurden gesprengt und nun als Schuppen auf die Kerne hinaufgeschoben. Auch die Klippenzone und der Teschener Zug besitzen im Prinzip wohl den gleichen Bau, mit Ausnahme dessen, daß die vorgefundenen Kerne bei dem Einsetzen der dritten Faltung vielleicht nur weniger hoch und entblößt waren. Die obercretacischen Ablagerungen scheinen stets nur außen an den Schuppen zu liegen und sind weniger stark disloziert, da sie nach unserer Annahme ja nur einfach gefaltet, aber nicht erst umgefaltet werden mußten. Die wichtigste Ursache für die Entstehung der Austönungszonen ist aber in

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

der Transgression des Eocäns gelegen, das die Faltungen der Oberkreide verbirgt. Die bald einseitige, bald zweiseitige Anlagerung der permisch-mesozoischen Schichtenreihe an die Gebirgskerne wird einfach durch die verschiedene Schiefe der Auffaltung erklärt.

Obgleich die Ostkarpathen ein anderes Vorland besitzen als die Westkarpathen, so sind doch auch dort die gleichen Vorgänge zu konstatieren. Zunächst die vorpermische Auffaltung, die von SW, respektive W ausgeht. Die zweite Faltung ist nur in Spuren bemerklich, wenigstens ist sie nach den von Uhlig mitgeteilten Profilen bloß in dem „Durchschnitt der ostkarpathischen Randmulde über den Rareu bei Kimpolung" (Fig. 86) deutlicher. Die dritte Faltung dagegen gibt dem ganzen Gebirge das Gepräge, indem fast durchweg die Schichtköpfe gegen das Innere des Bogens blicken. Somit muß auch hier die Faltung von der Außenseite her gewirkt haben, und zwar durch Absinken des Randes der russischen Tafel.

Wenden wir uns aber nun der vierten und fünften Faltungsphase zu! Die vierte, oligocäne Faltung legte die älteren tertiären Sedimente in nach Norden geneigte, zum Teil auch überschobene Sattel- und Muldenzonen. Der Schub kam also von Süden, respektive von der Innenseite des Karpathenbogens, und es ist wohl sehr wahrscheinlich, daß die Ursache in dem Absinken der Klippenzone zu sehen ist. Den Beweis dafür erblicke ich darin, daß das Alttertiär an der Außenseite der Klippenzone stets ganz erheblich gefaltet erscheint, während die gleichen Schichten innerhalb der Zone, wo die oligocäne Senkung nicht eindrang, ungestört lagern. Diese Tieferlegung des Meeresgrundes mußte sich naturgemäß auch am anderen Ufer bemerkbar machen und gibt sich hier in einer Verbreiterung des Meeres gegen Norden kund, die dann im Miocän erfüllt wurde. Die Senkung des Nordgestades war aber in diesem Falle wohl keine selbsttätige, die etwa Faltungen verursacht hätte, sondern sie bedeutete einfach einen Ausgleich von Spannungen, der sich in einer leichten Flexur äußerte. Im Gegenteil dürfte die faltende Kraft auch im Miocän am Südgestade noch nicht ganz zur Ruhe gekommen sein, nur erscheint sie nun, wie wir dies auch bei den Alpen hervorgehoben haben, von dem Zentrum mehr gegen außen verlegt und daraus würde sich die „Antiklinale der Molasse" am Karpathensaum erklären. — In den Ostkarpathen scheint dagegen die oligocäne Faltung geringere Kraft besessen zu haben; man sieht nur wenig nach außen gerichtete Faltenzüge. Damit wäre es aber gleichzeitig begreiflich, daß die miocäne Senkung des Vorlandes, welche im Osten ein weit größeres Ausmaß erreichte, nicht etwa auch ohne Einfluß auf die Gebirgsbildung verlief, sondern im Gegenteil sich stellenweise durch Faltung gegen innen bemerkbar machte. Übrigens muß dazu bemerkt werden, daß in den Ostkarpathen die Senkung des Vorlandes wahrscheinlich schon früher begonnen hat als im Westen, da hier ebenfalls die miocänen Ablagerungen nur sehr wenig gefaltet angetroffen werden.

Schließlich fällt der vollständige Einbruch des alten Hinterlandes auch noch in das Miocän. Die Flexuren zerreißen und an diesen Rissen werden Eruptivgesteine gefördert, das typische Bild des Innenrandes eines Faltengebirges. In diesem Falle sieht man so recht die

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Wirkung einer absinkenden Scholle: zuerst wirkt sie aufbauend, dann aber abbauend, denn zwischen der Hernadlinie und den Quellen der Theiß, wo nunmehr vorpermische Gebirgskerne fehlen, waren sie wohl wahrscheinlich auch einmal vorhanden, sind jedoch bei dem Einbruche des Hinterlandes mit in die Tiefe gerissen worden, und so mag auch an anderen Stellen der innerste Rand des Gebirges fehlen.

Es mag auffällig erscheinen, daß das ungarische Tiefland bei dem späteren Absinken seit der permischen Zeit keine gebirgsbildenden Kräfte mehr entwickelt hätte, doch dies dürfte darin seinen Grund haben, daß es eben schon durch seine vorpermische Absenkung eine tiefere Lage erhielt als das Vorderland und daher keine pressenden, sondern nur zerrende Wirkungen ausüben konnte.

Fassen wir unsere Vorstellungen von der Entstehungsgeschichte der Karpathen nochmals kurz zusammen, so läßt sich zunächst eine vorpermische, nordwärts gerichtete Faltung vermuten, als Folge einer Senkung des Hinterlandes. Die Aufwölbung während der unteren Kreide hat keine umfassende Bedeutung und dürfte durch die Senkungen in den Kerngebirgsreihen verursacht worden sein. Die obercretacische Faltung dagegen scheint wieder den ganzen Karpathenbogen ergriffen zu haben; sie wurde wohl durch das absinkende Vorland bewirkt. Die oligocäne Faltung wird von uns auf das Niedersinken der Klippenzone zurückgeführt und die miocäne Bewegung scheint im wesentlichen bloß die Fortsetzung dieses Vorganges zu sein. Gleichzeitig bricht die ungarische Ebene vollständig nieder und am Rande werden Eruptivgesteine gefördert.

Der miocäne Niederbruch des ungarischen Tieflandes formte auch den Ostrand der Alpen, wie ja allgemein bekannt ist.

Die wahrscheinliche Entstehungsgeschichte des Beginnes der Dinariden wurde bei Besprechung der Alpen bereits skizziert, im übrigen sind unsere Kenntnisse von diesem Gebirgszuge zu gering, um Details besprechen zu können. Immerhin liegt die Annahme nahe, daß die gesenkte Scholle in der serbischen Masse, dem Rhodopegebirge und in einem Gebirgsstocke zu sehen ist, an dessen Stelle nunmehr das Ägäische Meer getreten ist, und von welchem ein nur kleiner Appendix in der lydischen Masse Philippsons[1]) erhalten sein dürfte. Das Rhodopegebirge ist wahrscheinlich selbst wieder eine Fortsetzung des versenkten ungarischen Landes und scheint bei seiner eigenen Abwärtsbewegung nach beiden Seiten hin Falten aufgeworfen zu haben: die Dinarischen Alpen einerseits und anderseits die Balkanketten.

Bezüglich anderer Gebirge können wir uns hier bloß ein paar flüchtige Andeutungen erlauben, denn teils fehlen detaillierte Beobachtungen, teils würde eine eingehende Besprechung den Rahmen dieser Schrift überschreiten. — Nehmen wir zunächst die asiatischen Randgebirge vor. Dieselben umziehen den Kontinent im Süden und Osten wie Girlanden; sie sind alle nach außen gefaltet und sie müßten somit nach unserer Theorie dem Niederbruche Asiens ihre Entstehung verdanken. Allerdings hat sich das Vorland auch allenthalben gesenkt, so daß an vielen Stellen die Randbogen nunmehr die

[1]) Philippson, Das Mittelmeergebiet. Leipzig 1904.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Brustwehr gegen das Meer bilden und daß in Japan durch die fortschreitende Senkung diese Gebirge zum großen Teile sogar wieder vernichtet werden. In Japans Inselkränzen sehen wir demnach den entgegengesetzten Fall wie in den Karpathen; das Gebirge wird nicht von innen, vom Hinterlande, sondern von außen, vom Vorlande aus abgebaut.

Für die Auffaltung der asiatischen Randbogen nehmen wir eine Senkung von Innerasien an. Wohl ist gerade von dort nur spärliche Kunde bisher zu uns gedrungen, daß aber wirklich solche Senkungen stattfanden, dies ist wohl sehr wahrscheinlich, und ich verweise diesbezüglich nur auf die Studien Richthofens[1]) in Ostasien. — Daß anderseits die Senkungen des Vorlandes keinen Faltenwurf erzeugten, dies hat darin seinen Grund, daß dasselbe stets die tiefergelegene Scholle präsentierte und daher wohl Zerrung, aber niemals Pressung verursachen konnte.

Endlich gehören zu den jungen Ketten auch noch die Randgebirge Nord- und Südamerikas. Im wesentlichen sind dieselben gegen den pazifischen Ozean hin gefaltet und ein genaueres Studium derselben wird wohl ebenfalls ergeben, daß ihre erste Anlage ziemlich alt und daß zahlreiche verschiedene Faltungsperioden über sie hinweggegangen, welche zu dem jetzigen Aufbau führten.

In Nordamerika[2]) scheint durch die Senkung des Koloradoplateaus und der mächtigen Hochtafeln von Utah die Aufwölbung der Rocky Mountains bewirkt worden zu sein. Im übrigen dürfte aber der Bau der ganzen Küstenketten eine gewisse Ähnlichkeit mit jenem der Karpathen besitzen. Wenigstens scheinen auch hier Austönungszonen eingeschaltet zu sein, wie die flachliegenden Kreideschichten am westlichen Fuß der Sierra Nevada anzeigen, während die Coast Ranges noch ganz junge Bewegungen mitgemacht haben, wie das mitgefaltete Mitteltertiär beweist. — In Südamerika zeigt sich genau dieselbe Anordnung: das Gebirge ist gegen das Meer gefaltet und als gesenktes Hinterland muß die alte brasilische Masse angesehen werden. Auch hier scheinen die eigentlichen Küstenkordilleren sehr jugendlichen Alters zu sein.

Wie wir es schon bei Japans Inselbogen besprachen, so ist es auch hier, also ein gemeinsamer Zug der pazifischen Randbogen: das Vorland ist niedergebrochen und unter das Meer getaucht. Und doch muß, um die Faltung erklärlich zu machen, ein niedriger Kontinent angenommen werden, der rings vom Meere gegürtet wurde, denn wie wir im theoretischen Teile sahen, kann nur eine Geosynklinale gefaltet werden und diese verlangt natürlich ein Gegenufer. Tatsächlich

[1]) F. v. Richthofen, Geomorphologische Studien aus Ostasien. I. Gestalt und Gliederung einer Grundlinie in der Morphologie Ostasiens. Sitzungsberichte d. kgl. preuß. Akad. d. Wissenschaften, physikalisch-mathematische Klasse, Berlin 1900, pag. 888—925. — II. Gestalt und Gliederung der ostasiatischen Inselbogen; ebenda 1901, pag. 782—808. — III. Die morphologische Stellung von Formosa und den Riukiu-Inseln; ebenda 1902, pag. 944—975. — IV. Über Gebirgskettungen in Ostasien, mit Ausschluß von Japan; und V Gebirgskettungen im japanischen Bogen; ebenda 1903, pag. 867—918.

[2]) Das Antlitz der Erde. I. Bd., 2. Teil: Die Gebirge der Erde. Wien 1885.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

hat auch Karl Burckhardt[1]) in Südamerika die Spuren eines alten pazifischen Kontinents nachweisen können, und auch die tiergeographischen Studien weisen auf einen solchen hin. Der Niederbruch desselben scheint erst in geologisch sehr junger Zeit vor sich gegangen zu sein, ja heute noch anzudauern. Dies deuten viele Tatsachen an, so besonders die häufigen Erdbeben, die zahlreichen heute noch tätigen Vulkane, die der Küste von Chile vorgelagerte Inselkette, die nichts als ein abgesunkener Gebirgszug ist, und nach Otto Kuntze[2]) auch die Neigung der Salpeterebene von Autofagasta usw.

Damit wollen wir die Besprechung der Küstengebirge schließen. Ich hoffe aber, daß es mir gelungen ist, durch voranstehende Ausführungen die Anwendbarkeit unserer Theorie zu zeigen.

Es wurde nun so viel von der Senkung einzelner Schollen gesprochen, daß es angezeigt erscheinen mag, sich doch auch die Frage vorzulegen, ob auch heute noch Landstrecken in Senkung begriffen sind, und wie wir uns den Verlauf solcher Senkungen vorzustellen haben.

Wir haben zu beweisen gesucht, daß eine hochgelegene sinkende Erdscholle durch ihre Abwärtsbewegung längs ihres Umrisses Faltung bewirken müsse, wenn sie von Geosynklinalen umgeben sei. Nur selten aber kann ein vollkommen geschlossener Faltenring nachgewiesen werden und dies führt zu der Überzeugung, daß nicht das allseits freie Absinken einer Masse erforderlich sei, sondern daß auch eine einseitige Neigung genügen könne, während an der Basis der ungestörte Zusammenhang mit dem unbewegten Lande erhalten bliebe. Solche einseitig sinkende Landmassen kennen wir: es sind die sinkenden Kontinentalränder. Damit aber hätten wir die Frage der sekularen oder kontinentalen Hebungen und Senkungen angeschnitten.

Die schwierigste Frage dabei ist jene betreffs der Hebungen. Ich finde keine physikalisch-mechanische Grundlage, welche mir die Erklärung von Hebungen großen Stils annehmbar erscheinen ließe. Wohl habe ich selbst im vorangehenden von Hebungen anläßlich der Bildung der variscisch-armorikanischen Horste gesprochen, allein bei so kleinen Massen liegen die Verhältnisse ganz anders, da kann man sich wohl denken, daß eine kleine Masse hinreichend gefestigt ist, um von dem seitlichen Drucke nicht zerquetscht zu werden, sondern daß sie, demselben ausweichend, sich nach oben bewegt, besonders wenn die seitlich begrenzenden Brüche nach unten konvergieren. Anders ist es bei einer großen Scholle; da dieselbe nur durch tangentialen Druck gehoben werden könnte, diese Kräfte sich aber, wie von Ampferer[3]) überzeugend nachgewiesen wurde, niemals summieren, so ist eine solche Hebung von vornherein aus-

---

[1]) C. Burckhardt, Traces géologiques d'un ancien continent pacifique. Revista del Museo de La Plata, Bd. X, pag. 177—192, La Plata 1900.

[2]) O. Kuntze, Geogenetische Beiträge. I. Einmalige Oszillation der südamerikanischen Anden ohne Katastrophe. Leipzig 1895.

[3]) Jahrbuch d. k. k. geolog. R.-A., Bd. LVI, Wien 1906, pag. 539—622.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

geschlossen. Wir müssen also auf einem anderen Wege die Erklärung suchen, und zwar indem wir, im Rahmen unserer Theorie, wieder mit den im großen Maßstabe einzig wahrscheinlichen und nachgewiesenen Kräften mit Senkungen operieren.

Die nördlichen Teile der Kontinente: Europa, Asien und Amerika mit Grönland zeigen alte diluviale Terrassen, oft hoch über dem Meere, und man hat fast allgemein angenommen, daß dies nur durch Hebung des Landes erklärt werden könne. Zur Stütze dieser Theorie nahm man dann zu den verschiedensten Hypothesen, wie zu einer Entlastung durch das Abschmelzen des diluvialen Eises usw. seine Zuflucht. Man hat es zwar auch mit der Senkung des Meeresspiegels versucht, allein dem stand die eigentümliche Tatsache entgegen, daß die Terrassen landeinwärts und nordwärts gar nicht unbedeutend ansteigen, während sie doch, wenn nur das Sinken des Seespiegels die Ursache wäre, horizontal verlaufen müßten. — Ein Überblick über dieses Phänomen lehrt uns, daß wir gehobene postdiluviale Strandterrassen am markantesten an den Küsten um den Nordpol, dann aber ebenso auch an den am weitesten zum Südpole vorgeschobenen Massen, an der Südspitze Südamerikas antreffen. In den niedrigeren Breiten dagegen überwiegt Senkung, wenn auch zerstreut an den verschiedensten Punkten immer wieder gehobene Wallriffe und dergleichen vorkommen.

Suchen wir nun diese Tatsachen in den Rahmen unserer Senkungstheorie einzupassen, so können wir uns ja ganz gut vorstellen, daß einst der Meeresspiegel wirklich in allen Ozeanen um höchstens 300 *m* höher stand, womit wir auch die höchsten Strandlinien Skandinaviens und Labradors erreicht hätten und daß dieselben uns die damalige Höhenlage der Schorre unverändert überliefert hätten. Bei einer solchen Lage des Meeresspiegels mußten jedoch große Teile der Kontinente unter Wasser gewesen sein, wofür aber keine Anhaltspunkte gewonnen wurden. Wie wäre es dagegen, wenn Seespiegel und Strand in den mittleren Breiten sich gleichmäßig gesenkt hätten? Diese Annahme würde mit einem Schlage die meisten Schwierigkeiten der Erklärung aus dem Wege räumen. Und schließlich unannehmbar wäre eine solche Vorstellung gerade nicht, denn was ist eine sekulare Senkung von 300 *m* im Vergleiche zu den 5000 *m* mächtigen Ablagerungen des Koloradoplateaus, deren ungestörte Sedimentierung doch wohl auch nur durch sekulare Senkung, allerdings in einem weitaus größeren Zeitraume, ermöglicht wurde. — Übrigens dürfte die Zahl von 300 *m* in diesem Falle entschieden zu hoch gegriffen sein und 160—200 *m* werden, wie es scheint, im Durchschnitt die höchste Strandterrasse bezeichnen. Die innersten Teile mit der 300 *m*-Linie könnten eventuell gehoben sein, denn dies sind verhältnismäßig kleine Komplexe, die an Brüchen gegen sinkendes Land abgegrenzt erscheinen. Anderseits dürfen wir aber auch nicht vergessen, daß Brückner[1]) zeigte, „daß nicht nur der Wasserstand der Binnenseen, sondern auch derjenige der Binnenmeere

[1]) Brückner, Verhandl. d. IX. deutschen Geographentages, Wien 1891, pag. 209; zitiert nach E. Kayser Lehrbuch der Geologie, I. Allgemeine Geologie. 2. Aufl., Stuttgart 1905, pag. 678.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

und sogar des offenen Ozeans an den Küsten mit der wechselnden Menge der Niederschläge auf dem angrenzenden Festland steigt und fällt". Diese Tatsache dürfen wir aber um so mehr für die Küsten Skandinaviens in Anspruch nehmen, da in den engen Fjorden und bei den kolossalen Abflüssen des schmelzenden Inlandeises die Bedingungen für eine Wasseranhäufung jedenfalls doppelt gegeben waren. Will man ja doch den in der Diluvialzeit um 150 *m* höheren Stand des Kaspischen Meeres auch bloß mit den vermehrten Niederschlägen jener Zeit erklären. Nehmen wir aber einen Augenblick lang den Mittelwert von 180 *m* als Betrag der Senkung an, so wäre dies für die Erdkruste, da wir uns nicht etwa ein Absitzen an einem senkrechten Bruche, sondern eine leichte Abbiegung vorzustellen haben, eine minimale Bewegung. G. de Geer[1]) hat die postglazialen Isobasen in ein Kärtchen von Skandinavien eingetragen und danach würde bei der Entfernung der 180 *m*-Linie von der 0 *m*-Linie eine Neigung von 30—40 *cm* auf den Kilometer entfallen! Daraus ist aber zu entnehmen, daß auch bei der Annahme des Höchstbetrages von 300 *m* die Absenkung keine übermäßige wäre.

Den Beweis für eine solche Absenkung erblicke ich in dem nach Süden geneigten Verlauf der Strandlinien in Nordamerika wie in Skandinavien. Labrador und das innerste Skandinavien sind für mich ebenso wie Grönland, Spitzbergen, Franz Josefsland usw. mit ihren hohen Strandmarken ziemlich unverändert stehengebliebene Horste, an welchen nur relativ geringe Hebungen oder Senkungen vorkamen. Mit Ausnahme der Nordseite scheinen sich danach die Ränder Skandinaviens nach allen Richtungen den einsinkenden Meeresbecken nach bewegt zu haben, ebenso wie wir in Nordamerika ein Absinken gegen SO vermuten müssen, und so schließen sich im Süden Küstenstreifen an, deren sinkende Tendenz seit langem bekannt ist. Auf europäischer Seite scheinen England, Irland und die portugiesische Küste die Senkung nicht vollkommen mitgemacht zu haben, sie gelten als gehoben. Westafrika dagegen verrät durch das untermeerische Tal des Kongo seine Abwärtsbewegung. Ähnlich ist es an der Gegenküste der Atlantis. Die Antillen gelten als gehoben und an der Ostküste Südamerikas beginnt wieder Senkung; die Südspitze des Kontinents dagegen zeigt in der Richtung vom Pol gegen den Äquator geneigte Strandmarken, wie wir es im Norden besprochen haben. Daraus ginge hervor, daß in postglazialer Zeit nur in den zirkumpolaren Gebieten die Festlandsmassen in Ruhe blieben, während beiderseits des Äquators sich Senkung bemerkbar macht. Damit würde es übereinstimmen, daß auch rings um den Indischen Ozean und ebenso an den Gestaden Australiens und in den polynesischen Inseln vorwiegend ein Absinken der Küste beobachtet werden kann. Daß der pazifische Ozean auch heute noch sein Bett tiefer legt, wurde bereits oben hervorgehoben; danach müßte man also rings an seinen Küsten Strandlinien oder „sich

---

[1]) Geol. Fören. Stockholm Förhdl. 1888, pag. 366; 1890, pag. 61. — Bull. Geol. Soc. Amer. III, 1891, pag. 65, und Proceed. Boston Soc. nat. hist. XXV, 1892, pag. 454.
Ch. Sandler, Strandlinien und Terrassen. Petermanns Mitteil. 1890.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

hebende Küsten" erwarten. Dem ist aber nicht so. Anzeichen der „Hebung" zeigt die Ostküste Asiens nur bis zum 30. Breitegrad, von da südwärts in Südchina und Tonking ist Senkung vorhanden. Ähnlich ist es an der Westküste Südamerikas: in Chile haben wir mehrere Terrassen übereinander, die peruanische Küste dagegen versinkt. Daraus ergibt sich aber, daß zwischen einer solchen „gehobenen" und einer „gesenkten" Küste kein qualitativer, sondern bloß ein quantitativer Unterschied ist. In beiden Fällen ist der Meeresgrund dasjenige, was sich senkt; aber einmal vollzieht sich die Senkung längs der Küstenbrüche und das alte Ufer bleibt bestehen, im anderen Falle wird auch das Ufer bei der Senkung mit hinabgerissen.

Einer einheitlichen Erklärung der Strandbewegungen, wie sie nun versucht wurde, steht scheinbar immer der Umstand im Wege, daß eine ganze Reihe von Vorkommnissen entgegengesetzte Bewegungen vollzogen zu haben scheinen. Aber gerade für diese findet sich in unserer Theorie der weiteste Spielraum. So sind die Strandlinien, welche Sizilien umgürten, sehr einfach dadurch zu erklären, daß diese Insel nicht in gleichem Maß die Senkung mitmachte wie die Umgebung. Das gleiche gilt ja auch von den großbritannischen Inseln und von dem Zuge der Antillen und die Zahl dieser Beispiele könnte noch weitaus vermehrt werden. Anders mag es bei gewissen Inseln des Ostindischen Ozeans sein, bei welchen die Strandverschiebung einen besonders hohen Grad erreicht; bei diesen kleinen Massen kann eine selbständige Aufwärtspressung ja ohne weiteres zugegeben werden. Ebenso ist bei Inselzügen an eine Art Schaukelbewegung zu denken, indem sich ein Teil derselben senkte, der andere aber emporgepreßt wurde. — So, glaube ich, erklären sich die Phänomene der „sekularen Hebung und Senkung" ganz ungezwungen und natürlich, wogegen durch Annahme von Hebung die mitunter auf weite Strecken verfolgbaren, vollständig horizontalen Strandlinien niemals begreiflich würden.

Die Entstehung der Gebirge wurde im voranstehenden in der Weise zu erklären gesucht, daß durch das Absinken von Festlandsmassen der Untergrund der Ozeane aufgefaltet würde. Wir haben nun aber gesehen, daß die Erde von einer ganzen Zone umgürtet wird, in welcher Sinken des Festlandes die Regel ist, und es entsteht so die Frage, ob wir da überall in den vorgelagerten Ozeanen auch den Anfang von Gebirgsbildung zu vermuten haben. Ich glaube nicht, daß dies der Fall ist. In der Geschichte unseres Erdballes haben immer Perioden reger Gebirgsbildung mit Ruhepausen gewechselt und es hat den Anschein, als ob wir uns in einer solchen befänden, in der nur die jüngsten Gebirge noch vollständig ausgebaut würden (Himalaja). Die Meeresbecken dagegen entwickeln nun eine abbauende Tätigkeit und die sinkenden Küsten üben nicht einen Druck aus, sondern sie werden vielmehr mitgezogen bei der Bewegung des Meeresuntergrundes. Erst wenn der Boden des Meeres einmal dauernd zur Ruhe gekommen ist, dann würden durch weiteres Nachsinken der Kontinente Auffaltungen erzeugt werden.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Endlich sei noch auf die Beziehungen zwischen Gebirgsbildung und Transgression aufmerksam gemacht, denn es kann wohl kaum bezweifelt werden, daß zwischen der Auffaltung der karbon-vorpermischen Gebirge und der Kohlenkalk-, respektive Kulmtransgression ein Zusammenhang bestehe, ebenso wie zwischen den jüngeren Gebirgen und der cenomanen Transgression.

Dieser Zusammenhang ist wohl in der Weise vorzustellen, daß es bei der Auffaltung so ausgedehnter, gleichzeitig gebildeter Gebirge eine Zeit gab, in welcher die alten Meeresbecken schon so weit gefaltet waren, daß sie nur mehr geringe Wassermengen zu fassen vermochten, während anderseits auch die sinkenden Schollen noch keine so tiefe Lage einnahmen, daß das überschüssige Seewasser hier ein Sammelbecken vorgefunden hätte. Die Menge des Meerwassers kann ja nicht gut als in weiten Grenzen schwankend angenommen werden, also müssen auch bei Transgressionen die gleichen Quantitäten die mitunter ganz erstaunlichen Überflutungen bewirkt haben. Dieselben mußten aber um so größer sein, je gleichförmiger die Erdoberfläche gestaltet war. Transgressionen bezeichnen somit nichts anderes als das Überleiten des Meereswassers aus seinem alten, durch Faltung vernichteten Bette in ein neues. Durch weiteres Einsinken der bewegten Schollen zieht sich das Meer wieder nach den neuen Tiefenlinien im Antlitze der Erde zurück und so werden Transgressionen abgelöst von Regressionen, deren letzte im jüngeren Tertiär sich besonders bemerklich zu machen begann und deren Wirksamkeit wir heute noch an dem fortschreitenden Nachsinken der Meere erkennen können. Übrigens greife ich damit nur auf Ideen zurück, welche ja seinerzeit schon von Emile Haug ausgesprochen wurden[1]).

So hat uns unsere Theorie auf der Erde einen Zyklus kennen gelehrt, der die Oberfläche unseres Planeten zerstört, erneut und verjüngt. Gebirgsbildung und Transgression, Einbrüche und Regression folgen aufeinander in ewigem Wechsel und sind die Folgen der Kontraktion der Erde, das Produkt der einsinkenden Erdschollen, denn „der Zusammenbruch des Erdballes ist es, dem wir beiwohnen".

Dr. Alfred Till. Zur Ammonitenfauna von Villány (Südungarn).

Seit jenem Vortrag (siehe Verhandl. d. k. k. geol. R.-A. 1906, Nr. 14), da ich über die Stratigraphie des Fossilfundortes Villány zu referieren in der Lage war, konnte ich das einige Tage später eingetroffene Material zum großen Teil genauer untersuchen. Das im nachfolgenden mitgeteilte Ergebnis gründet sich auf 324 Ammonitenexemplare, von welchen ein großer Teil spezifisch bestimmbar ist. Diesmal muß ich mich begnügen, eine Art Fossilliste zu geben. Eine erschöpfende, mit Tafeln versehene Beschreibung der gesamten Vil-

---

[1]) E. Haug, Les géosynclinaux et les aires continentales, contribution a l'étude des transgressions et des régressions marines. Bull. soc. géol. de France, 3. serie, tome XXVIII, pag. 617—711. Paris 1900.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: 1907

Autor(en)/Author(s): Waagen Lukas

Artikel/Article: Wie entstehen Meeresbecken und Gebirge ? 99-121